



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 102 09 631 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
H 05 B 41/292

DE 102 09 631 A 1

⑯ Aktenzeichen: 102 09 631.7  
⑯ Anmeldetag: 5. 3. 2002  
⑯ Offenlegungstag: 18. 9. 2003

⑯ Anmelder:

Philips Intellectual Property & Standards GmbH,  
20099 Hamburg, DE

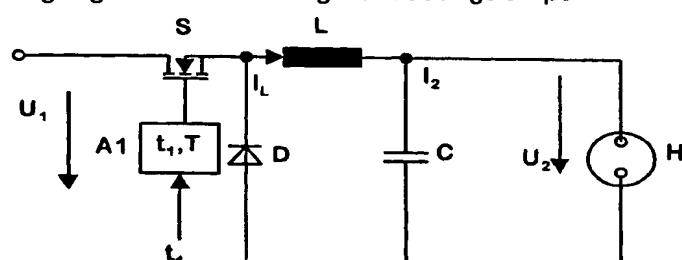
⑯ Erfinder:

Lürkens, Peter, Dr.-Ing., 52066 Aachen, DE; Mönch,  
Holger, Vaals, NL

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Elektronische Schaltung und Verfahren zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe

⑯ Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe H 65, 75. Die elektronische Schaltung umfasst dabei ein Netzeingangsteil 62, 72 zum Aufnehmen und Umformen einer Wechselspannung aus einem Wechselstromnetz 61, 71, einen Energiespeicher 63, 73 zum Speichern der von dem Netzeingangsteil 62, 72 gelieferten Energie und eine Lampenstromregelungseinheit 64, 74, die von dem Netzeingangsteil 62, 72 über den Energiespeicher 63, 73 mit einer Eingangsspannung  $U_1$  versorgt wird und die einen Lampenstrom  $I_2$  für eine Hochdruckgasentladungslampe H 65, 75 zur Verfügung stellt. Um einen besonders kleinen Energiespeicher 63, 73 zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass die Lampenstromregelungseinheit 64, 74 einen Leistungssteil L, D, C, S, A1, A2, K mit Transkonduktanz-eigenschaft aufweist. Diese Eigenschaft bewirkt dann bei sinkender Eingangsspannung  $U_1$  selbsttätig ein Absenken des für eine Hochdruckgasentladungslampe H 65, 75 zur Verfügung gestellten Lampenstroms  $I_2$ . Hierdurch wird eine besonders schnelle Anpassung an Spannungsschwankungen gewährleistet. Die Erfindung betrifft ebenso ein entsprechendes Verfahren.



DE 102 09 631 A 1

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung und ein Verfahren zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe. Die elektronische Schaltung umfasst dabei ein Netzeingangsteil zum Aufnehmen und Umformen einer Wechselspannung aus einem Wechselstromnetz sowie einen Energiespeicher zum Speichern der von dem Netzeingangsteil gelieferten Energie. Ferner umfasst die elektronische Schaltung eine Lampenstromregelungseinheit, die von dem Netzeingangsteil über den Energiespeicher mit einer Eingangsspannung versorgt wird und die einen Lampenstrom für eine Hochdruckgasentladungslampe zur Verfügung stellt.

[0002] Hochdruckgasentladungslampen, wie zum Beispiel die UHP Lampen von Philips, sind aus dem Stand der Technik bekannt. So sind Hochdruckgasentladungslampen die wichtigste Lichtquelle für kleine Video- und Computerprojektoren, die in den letzten Jahren die bekannten Overheadprojektoren fast vollständig ersetzt haben. Die physikalischen Eigenschaften dieser Lampen erlauben es, sehr kleine und dennoch helle Projektionssysteme herzustellen. Durch die Miniaturisierung werden nicht zuletzt erhebliche Kosteneinsparungen möglich, vor allem bei den aktiven Displayelementen und den optischen Komponenten.

**[0003J]** Im Vergleich zu gewöhnlichen Glühbirnen und zu Niederdruckgasentladungslampen haben diese Hochdruckgasentladungslampen jedoch den Nachteil, dass sie nicht sofort wieder gezündet werden können, nachdem sie verlöscht sind. Der Grund dafür besteht darin, dass der hohe Betriebsdruck von bis zu 200 bar, der kurz nach dem Verlöschen der Lampe im Entladungsgefäß vorliegt, die Gasfüllung zu einem nahezu perfekten und dabei durchschlagfesten Isolator macht. Bevor die Lampe erneut gezündet werden kann, muss sie daher so weit abkühlen, bis dass der Innendruck wieder auf wesentlich geringere Werte gesunken ist, z. B. auf 5 bar. In Abhängigkeit von der Bauart der Lampe und den Einsatzbedingungen kann dies eine Zeitspanne von bis zu mehreren Minuten erfordern.

[0004] Unmittelbar nach Verlöschen der Lampe ist ein Zünden durch erneutes Anlegen lediglich der Betriebsspannung möglich, da zunächst noch genügend Ladungsträger vorhanden sind. Die Ladungsträger sind jedoch bereits nach etwa 100  $\mu$ s abgebaut, sodass in einem praktisch ausgeführten Projektor auch ein nur kurzzeitiges Verlöschen der Lampe vermieden werden sollte.

[0005] Normalerweise wird die Lampe eines Projektors aus dem öffentlichen Wechselstromnetz mit Hilfe eines Netzteils gespeist. Es kommt allerdings vor, dass die Netzsspannung des Wechselstromnetzes kurzzeitig unterbrochen wird oder einen geringeren Wert als den Nennwert aufweist. Um solche Ausfälle zu überbrücken, werden in dem Netzteil üblicherweise Energiespeicher eingesetzt, die eine genügend große Energiemenge speichern und im Bedarfsfall zur Verfügung stellen können. Als Energiespeicher kommen dabei insbesondere Elektrolytkondensatoren in Frage.

[0006] Zur Veranschaulichung eines solchen Netzteils ist in Fig. 1 eine typische, aus der Praxis zur Stromversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe bekannte elektronische Schaltung als Blockschaltbild dargestellt.

[0007] Die Schaltung umfasst zunächst ein Netzeingangsteil 12, das eine Gleichrichtfunktion sowie eine Spannungsreglerfunktion aufweist und an ein öffentliches Wechselstromnetz 11 angeschlossen ist. Das Wechselstromnetz 11 sollte dabei eine Effektivspannung zwischen 85 V und 264 V zur Verfügung stellen. Mit dem Netzeingangsteil 12 verbunden ist eine Lampenstromregelungseinheit 14, die die Funktion eines Stromreglers umfasst. Die Hochdruckgas-

entladungslampe **15**, die von der Schaltung mit Energie versorgt werden soll, ist an diese Lampenstromregelungseinheit **14** angeschlossen. Die Verbindung zwischen dem Netz-

5 eingangsteil 12 und der Lampenstromregelungseinheit 14 ist außerdem über einen als Energiespeicher eingesetzten Elektrolytkondensator 13 mit Masse verbunden. Häufig ist für die Lampenstromregelung auch noch eine hier nicht dargestellte Messung von Lampenspannung und -strom vorgesehen.

10 [0008] Für den Betrieb der Lampe 15 richtet der Netzeingangsteil 12 die anliegende Netzspannung gleich und speist den Elektrolytkondensator 13 mit der gleichgerichteten Spannung. Mittels seiner Spannungsreglerfunktion stellt der Netzeingangsteil 12 dabei im Normalfall sicher, dass eine

15 von der jeweiligen nominalen Netzspannung unabhängige mittlere Spannung von beispielsweise 400 V am Energiespeicher 13 erzielen wird. Dadurch stellt der Elektrolytkondensator 13 der Lampenstromregelungseinheit 14 eine im wesentlichen konstante Spannung als Eingangsspannung

20 zur Verfügung. Die Lampenstromregelungseinheit 14 versorgt ihrerseits die Hochdruckgasentladungslampe 15 so mit Strom, dass sich eine konstante mittlere Lampenleistung ergibt. Für den Betrieb von Wechselstromlampen ist der Lampe 15 noch ein Wechselrichter vorgeschaltet (nicht dar-

25 gestellt), der den von der Lampenstromregelungseinheit 14 gelieferten Gleichstrom in einen Wechselstrom umwandelt, bevor er der Lampe 15 zugeführt wird. Für die Wirkungsweise der vorliegenden Erfindung ist dies jedoch unerheblich, so dass im weiteren beispielhaft nur auf den Betrieb mit einer Gleichstromlampe eingegangen wird.

[00091] Typischerweise kann die Lampenstromregelungseinheit 14 den Lampenstrom nur solange aufrechterhalten, bis die Eingangsspannung der Lampenstromregelungseinheit 14 einen gewissen Minimalwert  $U_{min}$  unterschreitet.

35 Dieser Minimalwert  $U_{\min}$  hängt dabei gewöhnlich von der Lampenspannung ab, die mit zunehmender Lebensdauer ansteigt, sowie von der Grundschaltung der Lampenstromregelungseinheit 14. Bei einem sogenannten Tiefsetzsteller ist die minimal zulässige Eingangsspannung etwa gleich der

40 Lampenspannung. Sobald sich der Energiespeicher 13 auf diesen Wert entladen hat, verlischt die Lampe. Um also eine möglichst lange Überbrückungszeit zu erzielen, muss man entweder einen großen Speicherkondensator 13 verwenden oder zu Beginn einer reduzierten Netzspannung eine möglichst hohe Kondensatorspannung zur Verfügung haben. Die

maximale Eingangsspannung  $U_{max}$  der Lampenstromregelung hängt von Limitierungen der Bauelemente der elektronischen Schaltung ab, nicht zuletzt von der maximal zulässigen Spannung an dem Speicherkondensator 13. Ein üblicher Wert für die maximale Eingangsspannung  $U_{max}$ , die sich bei der Gleichrichtung der im Wechselstromnetz gewöhnlich auftretenden Spannungen ergibt, liegt bei etwa 400 V.

[0010] Bei einem Totalausfall des Netzes steht nur noch der Speicher kondensator 13 als Energielieferant für die 55 Lampenstromregelungseinheit 14 zur Verfügung. Der Verlauf der Eingangsspannung  $U(t)$  ist dann durch die folgende Gleichung gegeben:

$$60 \quad U(t) = \sqrt{U_{\max}^2 - \frac{2}{C_{Elko}} \left( \frac{1}{\eta} P_{lamp} \cdot t \right)}$$

**[0011]** In dieser Gleichung bezeichnet  $\eta$  den Wirkungsgrad der Lampenstromregelung,  $t$  die seit dem Ausfall ver-

65 strichene Zeit in Sekunden und  $C_{Elko}$  die Größe des Elektrolytkondensators in Farad. Bei einer vollständigen Unterbrechung der Netzspannung ist nach einer Zeit  $t_{max}$  die minimale Spannung  $U_{min}$  erreicht, bei der die Lampe verlischt.

Diese Zeit  $t_{\max}$  lässt sich aus der obigen Gleichung berechnen zu:

$$t_{\max} = \frac{\eta \cdot (U_{\max}^2 - U_{\min}^2) \cdot C_{\text{Elko}}}{2 \cdot P_{\text{lamp}}}$$

[0012] Solche Unterbrechung der Netzspannung treten in allen Stromversorgungsnetzen regelmäßig auf. Sie sind aber zumindest in den Industrieanlagen auf sehr kurze Zeiten beschränkt, in der Regel auf weniger als 20 ms. Ist der Energiespeicher auf eine Überbrückungszeit von 20 ms ausgelegt, so kommt ein Verlöschen der Lampe aufgrund einer Unterbrechung der Netzspannung nur in sehr seltenen Fällen vor.

[0013] Im Falle einer Unterspannung in dem Stromversorgungsnetz, die bis zu mehreren 100 ms dauern kann, muss zusätzlich ein Restwert  $P_{\text{rest}}$  der Leistung in Betracht gezogen werden, der weiterhin über das Netzeingangsteil zur Verfügung gestellt wird. Die meisten Projektoren sind auf einen weltweiten Betrieb, d. h. auf eine Netzspannung zwischen 85 V<sub>eff</sub> und 264 V<sub>eff</sub> ausgelegt, sodass bei einer nominalen Spannung von 230 V normalerweise keine Probleme entstehen. Anders ist dies jedoch beim Betrieb an einem 110 V Netz, z. B. in Japan oder in den USA. Hier bedeutet eine Unterspannung, dass der Projektor beispielsweise für einige 100 ms bei nur 50 V<sub>eff</sub> betrieben wird. Wenn das Netzteil ursprünglich auf einen maximalen Eingangsstrom ausgelegt worden ist, der bei 85 V<sub>eff</sub> noch die nominale Leistung liefern kann, würde die Restleistung in diesem Beispiel ca. 59% der nominalen Leistung betragen.

[0014] Der Verlauf der Eingangsspannung U<sub>50%</sub>(t) an der Lampenstromregelungseinheit ergibt sich unter Berücksichtigung einer von dem Netzeingangsteil gelieferten Restleistung P<sub>rest50%</sub> aus der Gleichung:

$$U_{50\%}(t) = \sqrt{U_{\max}^2 - \frac{2}{C_{\text{Elko}}} \left( \left( \frac{1}{\eta} P_{\text{lamp}} - P_{\text{rest50\%}} \right) \cdot t \right)}$$

[0015] Dabei repräsentiert der Index "50%" in der Variablen U<sub>50%</sub>(t) beispielhaft eine Reduzierung der Netzspannung auf 50% der Nominalspannung. Bei einer Unterspannung ist nach einer Zeit t<sub>max50%</sub>, die sich aus einer Umformung der vorangehenden Gleichung ergibt, die minimale Spannung U<sub>min</sub> erreicht, bei der die Lampe verlischt:

$$t_{\max50\%} = \frac{(U_{\max}^2 - U_{\min}^2) \cdot C_{\text{Elko}}}{2 \cdot \left( \frac{P_{\text{lamp}}}{\eta} - P_{\text{rest50\%}} \right)}$$

[0016] Liegt lediglich eine Unterspannung der Netzspannung vor, so ist die zur Verfügung stehende Überbrückungszeit aufgrund der Restleistung aus dem Wechselstromnetz länger als bei einer vollständigen Unterbrechung der Netzspannung. Da eine Unterspannung aber deutlich länger anhalten kann als eine Unterbrechung, kann die durch einen nur auf eine Unterbrechung ausgelegten Kondensator gewährleistete Überbrückungszeit für Unterspannungen dennoch nicht ausreichend sein.

[0017] Bei einer bekannten erforderlichen Überbrückungszeit und bei bekannten Betriebsdaten kann aus den oben angegebenen Gleichungen die minimal erforderliche Kapazität des Speicherkondensators 13 ermittelt werden, was zu den üblichen, in Projektoren eingesetzten Dimensionierungen führt. Die erforderliche Überbrückungszeit wird beim Entwurf der Schaltung dabei insbesondere so festge-

legt, dass es bei der zu erwartenden Statistik der Netzspannung nur extrem selten zu einem Verlöschen der Lampe kommt.

[0018] Ein wesentlicher Zweck des Speicherkondensators 5 ist somit die Überbrückung von Netzausfällen oder von Unterspannungen im Wechselstromnetz, mit der ein Verlöschen der Lampe verhindert werden kann. Da die Lampe auch während der Überbrückung weiter mit der Nennleistung betrieben wird, nimmt der Benutzer die Störungen in der Netzspannung, die überdies nicht häufig auftreten, überhaupt nicht wahr. Ein Speicherkondensator, der eine solche Überbrückung sicherstellen kann, bildet jedoch die größte und auch teuerste Einzelkomponente in der Stromversorgung und trägt somit wesentlich zur Gesamtgröße der Stromversorgung bei. Die erhebliche Baugröße des Elektrolytkondensators fällt insbesondere bei sehr kleinen Geräten störend ins Gewicht.

[0019] Es ist deshalb von großem Interesse, den Energiespeicher einer elektronischen Schaltung zur Energieversorgung von Hochdruckgasentladungslampen möglichst klein zu halten, während gleichzeitig sichergestellt werden muss, dass die Lampe bei Spannungseinbrüchen nicht verlischt.

[0020] In der japanischen Patentanmeldung JP 2000133482 wird vorgeschlagen, eine Lampenleistungsregelung dahingehend zu erweitern, dass die Kondensatorspannung erfasst wird und dass bei einem Absinken der Kondensatorspannung ein Regler wirksam wird, der die Lampenleistung verringert. Dadurch kann gemäß der oben angegebenen Gleichung auch bei Verwendung eines kleineren Kondensators eine lange Überbrückungszeit erreicht werden, ohne dass die Lampe verlischt. Bei diesem Ansatz besteht jedoch ein Problem darin sicherzustellen, dass das zusätzliche Regelungselement schnell genug reagiert, um eine rechtzeitige Absenkung der Lampenleistung zu erreichen. Dies wird insbesondere dadurch erschwert, dass bei Verwendung eines kleinen Energiespeichers bereits durch den nicht konstanten Leistungsfluss im Versorgungsnetz deutliche Schwankungen des Spannungsverlaufs am Energiespeicher auftreten.

[0021] Dcr Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe eine verbesserte elektronische Schaltung mit einem kleinen Energiespeicher zur Verfügung zu stellen. Insbesondere liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, bei einer solchen elektronischen Schaltung eine besonders schnelle Reaktion auf einen Einbruch der Netzspannung zu gewährleisten, um so mit großer Sicherheit zu verhindern, dass die Lampe verlischt.

[0022] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß zum einen gelöst durch eine elektronische Schaltung mit den Merkmalen aus Anspruch 1, sowie durch ein Beleuchtungssystem, das eine solche Schaltung und eine daran angeschlossene Hochdruckgasentladungslampe umfasst, und durch einen Projektor, der zumindest eine solche Schaltung umfasst.

[0023] Zum anderen wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch ein entsprechendes Verfahren, das die Schritte aus Anspruch 11 aufweist.

[0024] Die Erfindung geht aus von dem Gedanken, dass bei einer entsprechend ausgebildeten Lampenstromregelungseinheit der Lampenstrom bei fallender Eingangsspannung automatisch sinken kann, ohne dass hierzu die Eingangsspannung gemessen werden muss und ohne dass eine besondere Regelung für das Bewirken des Absenkens aktiv werden muss. Erfindungsgemäß wird dies realisiert, indem die Lampenstromregelungseinheit mit den Eigenschaften einer Transkonduktanz versehen wird. Eine solche Transkonduktanz ist in der Lage, Änderungen einer zugeführten Spannung in entsprechende Änderungen in einem abgege-

benen Strom umzusetzen, sodass ein Mitkoppeleffekt zwischen Eingangsspannung und Ausgangsstrom besteht. Die erfindungsgemäße Lampenstromregelungseinheit regelt den Lampenstrom also primär in gewohnter Weise, d. h. insbesondere so, dass sich eine gewünschte Lampenleistung ergibt. Diese herkömmliche Regelung kann dabei relativ langsam arbeiten und z. B. nur alle 10 ms eingreifen, um die Steuergröße anzupassen. Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Transkonduktanz eigenschaft der Lampenstromregelungseinheit wird die Leistungsentnahme aus dem Energiespeicher darüber hinaus sofort reduziert, sobald die Spannung des Energiespeichers sinkt, und zwar ohne dass ein Eingreifen der Leistungsregelung erforderlich ist.

[0025] Es ist ein Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltung, dass ein besonders kleiner Energiespeicher eingesetzt werden kann, während gleichzeitig wird weiterhin sichergestellt wird, dass bei einer Netzspannungsunterbrechung oder bei einer Unterspannung im Wechselstromnetz ein vorzeitiges Verlöschen der Lampe verhindert wird.

[0026] Es ist ebenso ein Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltung, dass sie besonders reaktionsschnell ist, da Änderungen der Eingangsspannung an der Lampenstromregelungseinheit sich unmittelbar auf ihren Ausgang auswirken, ohne dass Verzögerungen durch einen Regler auftreten.

[0027] Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0028] In einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst die erfindungsgemäße Schaltung zusätzlich eine Störgrößenregelung, die in begrenztem Rahmen der Stromabsenkung durch die Transkonduktanz eigenschaften der Lampenstromregelungseinheit entgegenwirkt. Die Störgrößenregelung verhindert dadurch, dass natürliche Schwankungen der Kondensatorspannung, die aufgrund des nicht konstanten Leistungsflusses im Einphasennetz unvermeidlich sind, zunächst keine Auswirkungen auf den Lampenleistungsverlauf haben. Dazu kann die Störgrößenregelung entweder die Spannung am Energiespeicher mit einer vorgegebenen Nennspannung oder den Lampenstrom mit einem vorgegebenen Lampensollstrom vergleichen, evtl. auch beides. Dabei ist die Wirksamkeit der Störgrößenregelung so begrenzt, dass das Absinken der Energiespeicherspannung nur in einem begrenzten Bereich ausgeglichen werden kann.

[0029] Darüber hinaus kann eine solche Störgrößenregelung sicherstellen, dass bei einer Reduzierung des Lampenstroms durch die Transkonduktanz eigenschaften eine minimale Lampenleistung nicht unterschritten wird, solange der Energiespeicher hierzu noch eine ausreichende Spannung liefern kann. Das ist von Bedeutung, da der Leistungsabsenkung speziell bei Hochdruckgasentladungslampen nach unten hin Grenzen gesetzt sind, die auch von der Absenkungsdauer abhängen. Es sollte also durch die Kombination der Transkonduktanz eigenschaften und der Störgrößenregelung ein minimaler Lampenstrom sichergestellt werden, bei der der Energiespeicher die Energie für einen bestimmten minimalen Lampenstrom möglichst lange liefern kann, wobei während dieser Zeit die Lampe auch mit dem minimalen Lampenstrom nicht verlischt.

[0030] In einer weiterhin bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen elektronischen Schaltung ist zumindest die begrenzte Störgrößenregelung durch ein Programm für einen Mikrocontroller realisiert.

[0031] Der Erfundung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

[0032] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer aus dem Stand der Technik bekannten Schaltung zur Stromversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe,

[0033] Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Lei-

stungsteils einer Lampenstromregelungseinheit der erfindungsgemäßen Schaltung.

[0034] Fig. 3 den Stromverlauf des von dem Leistungsteil aus Fig. 2 zur Verfügung gestellten Stroms,

5 [0035] Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Leistungsteils einer Lampenstromregelungseinheit der erfindungsgemäßen Schaltung.

[0036] Fig. 5 den Stromverlauf des von dem Leistungsteil aus Fig. 4 zur Verfügung gestellten Stroms,

10 [0037] Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Leistungsteils einer Lampenstromregelungseinheit der erfindungsgemäßen Schaltung,

[0038] Fig. 7 den Stromverlauf des von dem Leistungsteil aus Fig. 6 zur Verfügung gestellten Stroms,

15 [0039] Fig. 8 ein erstes Ausführungsbeispiel einer zusätzlichen Störgrößenregelung in einer erfindungsgemäßen Schaltung,

[0040] Fig. 9 ein zweites Ausführungsbeispiel einer zusätzlichen Störgrößenregelung in einer erfindungsgemäßen Schaltung,

20 [0041] Fig. 10 ein Ausführungsbeispiel einer Begrenzung der Störgrößenregelung nach Fig. 8 oder 9, und

[0042] Fig. 11 einen beispielhaften Verlauf von Netzspannung, Kondensatorspannung und Lampenleistung bei einer erfindungsgemäßen Stromversorgung.

25 [0043] Fig. 1 wurde bereits zum Stand der Technik beschrieben.

[0044] Ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfundung wird unter Weiterbildung der elektronischen Schaltung aus Fig. 1 realisiert, bei der die Lampenstromregelungseinheit 14 als Leistungsteil einen Tiefsetzsteller mit transkonduktiven Eigenschaften aufweist.

[0045] Fig. 2 veranschaulicht schematisch den Tiefsetzsteller des ersten Ausführungsbeispiels.

30 [0046] In dem Tiefsetzsteller wird ein über eine Ansteuereinheit A1 gesteuerter Leistungstransistor S als Schalter eingesetzt. Der Transistor S ist über eine Spule L mit einem ersten Anschluss der Hochdruckgasentladungslampe H verbunden. Der zweite Anschluss der Lampe H ist auf Masse gelegt. Die Verbindung zwischen dem Transistor S und der Spule L ist über eine Freilaufdiode D ebenfalls mit Masse verbunden. Die Durchlassrichtung der Diode D zeigt dabei von Masse in Richtung Transistor S und Spule L. Die Verbindung zwischen der Spule L und der Lampe H ist über einen Kondensator C mit Masse verbunden. Die an dem Kondensator C anliegende Spannung entspricht somit der an der Lampe H abfallende Spannung. Für Wechselstromlampen wird zwischen den Ausgang des Tiefsetzstellers und die Lampe H zusätzlich ein Wechselrichter (nicht dargestellt)

40 geschaltet, der aus dem Gleichstrom des Tiefsetzstellers einen Wechselstrom erzeugt. Dies ist für die Wirkungsweise der Erfundung nicht erheblich, sodass sich die Erläuterungen im Folgenden auf das Beispiel einer Gleichstromlampe beschränken.

45 [0047] An dem Leistungstransistor S liegt eine Eingangsspannung  $U_1$  an. Wird der Transistor S durch die Ansteuereinheit A1 eingeschaltet, so fließt aufgrund der Spannung  $U_1$  ein Strom  $I_L$  durch die Spule L, der durch den Kondensator C geglättet der Lampe H als Lampenstrom  $I_2$  zur Verfügung gestellt wird. Dabei fällt an der Lampe H eine Spannung  $U_2$  ab.

50 [0048] Der dargestellte Tiefsetzsteller, der im sogenannten Lückbetrieb mit einer festen Einschaltzeit  $t_1$  betrieben wird, liefert die erfindungsgemäß vorgesehene Transkonduktanz eigenschaft des Leistungsteils.

55 [0049] Für den Lückbetrieb, der in Fig. 3 dargestellt ist, schaltet die Ansteuereinheit A1 den Transistor S jeweils für eine Einschaltzeit  $t_1$  ein. Der Strom  $I_L$  durch die Spule L

steigt während der Einschaltzeit  $t_1$  linear an und sinkt nach dem anschließenden Ausschalten des Transistors S dann wieder linear auf Null ab. Der Vorgang wiederholt sich jeweils nach einer Periodendauer T, die in der Ansteuereinheit A1 festgesetzt ist. Die an dem Tiefsetzsteller anliegende Spannung  $U_1$  spiegelt sich dabei in der Steigung des Stromanstiegs und damit in dem maximalen Stromwert  $I_L$  wieder.

[0050] Der Steuerparameter dieser Anordnung ist die Einschaltzeit  $t_1$ , die der Ansteuereinheit A1 vorgegeben werden kann und die letztlich zu einem bestimmten mittleren Lampenstrom führt. Durch eine geeignete Dimensionierung der Periodendauer T lässt sich jeder erforderliche Verlauf der Lampenleistung in Abhängigkeit von der Eingangsspannung  $U_1$  herstellen.

[0051] Beim Lückbetrieb ist der Verlauf des Lampenstromes  $I_2$  durch die folgende Gleichung gegeben:

$$I_2 = \frac{t_1}{T} \cdot \frac{U_1 \cdot (U_1 - U_2)}{2 \cdot L \cdot U_2}$$

[0052] Mit dem Leistungsteil nach Fig. 2 ergibt sich damit ein quadratischer Leistungsverlauf, der seinen Nullpunkt stets bei dem Nullpunkt der Lampenspannung hat.

[0053] Der Tiefsetzsteller auf Fig. 2 ermöglicht es also, eine selbsttätige Anpassung des Lampenstroms an die zur Verfügung gestellte Spannung zu bewirken. Dadurch wird bei einer Unterbrechung der Netzspannung oder bei einer Unterspannung die Spannungsentnahme aus dem Speicher kondensator aus Fig. 1 reduziert, sodass mit der gespeicherten Spannung selbst bei einem relativ kleinen Speicher kondensator 13 mit großer Sicherheit die Zeit der reduzierten oder ausgefallenen Netzspannung ohne Verlöschen der Lampe überbrückt werden kann. Dabei wird durch die selbsttätige Anpassung eine sehr schnelle Reaktion auf einen Spannungsabfall ermöglicht.

[0054] Fig. 4 veranschaulicht schematisch einen alternativen Tiefsetzsteller für ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung. Auch dieser Tiefsetzsteller bildet ein Leistungsteil in einer Lampenstromregelungseinheit einer Weiterbildung der elektronischen Schaltung aus Fig. 1.

[0055] Der Aufbau des Tiefsetzstellers des zweiten Ausführungsbeispiels entspricht größtenteils dem des Tiefsetzstellers aus Fig. 2. Die einzelnen Komponenten der Schaltung in Fig. 4 sind deshalb auch mit den gleichen Bezugszeichen wie die entsprechenden Komponenten der Schaltung in Fig. 2 versehen. In dem zweiten Ausführungsbeispiel arbeitet der Tiefsetzsteller jedoch nicht im Lückbetrieb, sondern im kontinuierlichen Betrieb. Die Steuerung erfolgt nicht wie in dem Beispiel aus Fig. 2 durch Vorgabe von im wesentlichen konstanten Parametern für die Einschaltzeiten, sondern mit Hilfe eines Komparators. Deshalb ist die Ansteuerung des Transistors S anders ausgeführt als in Fig. 2.

[0056] Für die Ansteuerung ist ein Komparator K vorgesehen, dem zum einen ein Referenzstrom  $I_{ref}$  zugeführt wird und zum anderen der aktuelle Strom  $I_L$  durch die Spule L. Der Ausgang des Komparators K ist mit einer Ansteuereinheit A2 verbunden, die den Transistor S ansteuert und in der eine Wartezeit  $\Delta t$  einprogrammiert ist.

[0057] Der sich mit dieser Schaltung ergebende Strom  $I_L$  durch die Spule L ist in Fig. 5 über der Zeit t aufgetragen.

[0058] Stellt der Komparator K fest, dass der Spulenstrom  $I_L$  den Referenzwert  $I_{ref}$  überschreitet, so schaltet die Ansteuereinheit A2 den Leistungstransistor S nach einer Wartezeit  $\Delta t$  aus. Gleichzeitig wird der Leistungstransistor S nach einem Unterschreiten der Stromgrenze  $I_{ref}$  durch den Spulenstrom  $I_L$  und einer Wartezeit  $\Delta t$  durch die Ansteuereinheit A2 wieder eingeschaltet.

[0059] Bei dem komparatorgesteuerten Tiefsetzsteller ist der Steuerparameter, der sich unmittelbar auf den mittleren Lampenstrom  $I_2$  auswirkt, der Referenzstrom  $I_{ref}$ . Durch eine geeignete Dimensionierung der Wartezeit  $\Delta t$  lässt sich dabei jeder erforderliche Verlauf der Lampenleistung in Abhängigkeit von der Eingangsspannung  $U_1$  herstellen.

[0060] Mit dem komparatorgesteuerten Tiefsetzsteller aus Fig. 4 ergibt sich ein Verlauf des Lampenstroms  $I_2$  nach dem Zusammenhang:

$$I_2 = I_{ref} + \frac{U_1}{2L\Delta t} - \frac{U_2}{L\Delta t}$$

[0061] Es stellt sich ein Leistungsverlauf ein, der linear von der Kondensatorspannung  $U_2$  abhängt. Der Nullpunkt des Leistungsverlaufs hängt dabei vom vorgegebenen Referenzstrom  $I_{ref}$  ab.

[0062] Ein Sonderfall tritt auf, wenn der untere Spitzenwert des Stromverlaufes in der Spule L den Wert 0 erreicht. Die Diode D verhindert, dass der Strom weiter negative Werte annehmen kann. Dadurch fällt mit abnehmender Eingangsspannung der Strom weniger schnell ab als zu Beginn. Dies kann vorteilhaft ausgenutzt werden, um eine bestimmte Minimalleistung nicht zu unterschreiten.

[0063] Mit diesem komparatorgesteuerten Tiefsetzsteller lassen sich somit die gleichen Vorteile erzielen, wie mit dem Tiefsetzsteller in dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0064] Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines komparatorgesteuerten Tiefsetzstellers, mit dem sich ebenso die gleichen Vorteile erzielen lassen, ist in Fig. 6 dargestellt. Der Aufbau dieses Tiefsetzstellers entspricht genau dem Aufbau des Tiefsetzstellers aus Fig. 4, außer dass die Diode D durch einen Feldeffekt-Leistungstransistor SD ersetzt wurde. Anstelle des Leistungstransistor S könnte dabei auch ein beliebiges anderes schaltbares Mittel eingesetzt werden, vorausgesetzt, es lässt im eingeschalteten Zustand sowohl positive als auch negative Ströme zu. Der Leistungstransistor SD wird wie der Leistungstransistor S über den Ausgang der Ansteuereinheit A2 angesteuert, wobei allerdings noch ein Inverter IV zwischen die Ansteuereinheit A2 und die Basis des Transistor SD geschaltet ist. Dadurch weist der zweite Transistor SD stets den entgegengesetzten Schaltzustand auf wie der Transistor S. Diese Schaltung ist auch als Zwei-Quadrantensteller bekannt, da sie einen Energiedurchfluss sowohl von der Eingangsseite der Schaltung, an der die Spannung  $U_1$  anliegt, zur Lampe H als auch von der Lampe H zur Eingangsseite der Schaltung erlaubt.

[0065] Die Schaltung in Fig. 6 kann auf die gleiche Weise mit einer Transkonduktanzenschaft ausgestattet werden, wie die Schaltung in Fig. 4, wozu wiederum ein geeigneter Referenzstrom  $I_{ref}$  und eine geeignete Wartezeit  $\Delta t$  vorgegeben werden. Die Anordnung gehorcht auch dem gleichen Gesetz für die Abhängigkeit des Lampenstromes von der Eingangsspannung. Allerdings erlaubt die Anordnung aus Fig. 6 im Unterschied zu einer Anordnung mit einer Diode, dass der Strom in der Induktivität L auch negativ sein kann. Die Schaltung aus Fig. 6 kennt somit keinen Sonderfall, und der Stromnullpunkt ergibt sich exakt nach der Gleichung, die zu Fig. 4 aufgestellt wurde.

[0066] In Fig. 7 ist für den Tiefsetzsteller aus Fig. 6 ein typischer Verlauf des Stroms  $I_L$  durch die Spule L dargestellt. Der Verlauf entspricht dem aus Fig. 5, wobei jedoch auch negative Werte für den Strom  $I_L$  auftreten.

[0067] Damit nicht bereits bei den unvermeidlichen, geringeren Änderungen der Kondensatorspannung eine unerwünschte Änderung der Lampenleistung durch die erfundungsgemäße Regelung erfolgt, sollte in einem begrenzten Rahmen den Änderungen der Kondensatorspannung entge-

gengewirkt werden. Die **Fig. 8** und **9** illustrieren jeweils eine ergänzende Störgrößenregelung, die für diesen Zweck eingesetzt werden kann.

[0068] Beide Figuren weisen ebenso wie die elektronische Schaltung aus **Fig. 1** ein Netzeingangsteil **62** bzw. **72**, einen Kondensator **63** bzw. **73**, eine Lampenstromregelungseinheit **64** bzw. **74** und eine Lampe **65** bzw. **75** auf. Die Lampenstromregelungseinheit **64** bzw. **74** besitzt dabei erfindungsgemäß eine Transkonduktanzteigenschaft, beispielsweise durch Einsatz eines der in **Fig. 2**, **4** und **6** dargestellten Tiefsetzsteller.

[0069] In **Fig. 8** wird außerdem für die ergänzende Störgrößenregelung die Spannung am Kondensator **63** erfasst. Die von einem Addierer **68** bestimmte Differenz zwischen einem vorgegebenen Nennwert der Kondensatorspannung und dem erfassten Spannungswert wird einem Regler **66** zugeführt. Der Ausgang des Reglers **66** wird weiter einem Begrenzer **67** zugeführt. Der Ausgang des Begrenzers **67** wird mittels eines zweiten Addierers **69** mit einem vorgegebenen Wert addiert und zur Ansteuerung der Lampenstromregelungseinheit **64** eingesetzt.

[0070] In **Fig. 9** wird dagegen für die ergänzende Störgrößenregelung der tatsächliche Lampenstrom erfasst. Die von einem Addierer **78** bestimmte Differenz zwischen einem vorgegebenen Nennwert des Lampenstroms und dem erfassten Lampenstrom wird einem Regler **76** zugeführt. Wie in **Fig. 8** wird der Ausgang des Reglers **76** einem Begrenzer **77** zugeführt. Auch der Ausgang des Begrenzers **77** wird mittels eines zweiten Addierers **79** mit einem vorgegebenen Wert addiert und zur Ansteuerung der Lampenstromregelungseinheit **74** eingesetzt.

[0071] Der einzige Unterschied zwischen den Störgrößenregelungen in den **Fig. 8** und **9** besteht also darin, dass in einem Fall über den Addierer **68** die Abweichungen der Kondensatorspannung von einer Nennspannung ermittelt werden, und in dem anderen Fall über den Addierer **78** die Abweichungen des Lampenstroms von einem Sollstrom.

[0072] In beiden Fällen wird in dem Regler **66** bzw. **76** ein dem Ausgang des Addierers **68** bzw. **78** entsprechendes Regelsignal gebildet. Das Regelsignal soll nun so auf die Lampenstromregelung **64** bzw. **74** einwirken, dass ein Sinken der Spannung kompensiert und ein Absenken des Lampenstroms verhindert wird. Der Einfluss dieses Regelsignals wird jedoch zunächst durch den Begrenzer **67** bzw. **77** begrenzt, damit bei einem weiteren Absinken der Kondensatorspannung weiterhin erfindungsgemäß automatisch ein Absenken des Lampenstroms erfolgt. Der Ausgang der begrenzten Störgrößenregelung wird dann dem ursprünglichen Steuersignal des Lampenstromreglers mit Hilfe des Addierers **69** bzw. **79** überlagert.

[0073] Dabei kann der Begrenzer in Abhängigkeit von dem verwendeten Regler **66** bzw. **76** auch vor dem Regler **66** bzw. **76** angeordnet werden.

[0074] In **Fig. 10** wird eine mögliche in dem Begrenzer **67** bzw. **77** realisierte Funktion veranschaulicht. Die Figur zeigt dabei ein Diagramm, in dem die x-Achse die Werte des Ausgangssignals des Reglers **66** bzw. **76** repräsentiert und die mit **W** bezeichnete y-Achse die Werte des Ausgangssignals des Begrenzers **67** bzw. **77**. Entsprechend der eingezeichneten Kurve wird jedem möglichen Reglerausgangssignal ein Begrenzerausgangssignal zuordnet und damit den Einfluss der Störgrößenregelung auf die Stromregelung begrenzt.

[0075] In dem Diagramm steigt das Begrenzerausgangssignal bis zu einem ersten positiven Wert **X1** mit einer relativ großen Steigung proportional zu dem Reglerausgangssignal an, sodass eine kleine Erhöhung des Reglerausgangssignals zu einer stärkeren Erhöhung des Begrenzerausgangssignals führt. Zwischen dem Wert **X1** und einem zweiten positiven

Wert **X2** wird die Steigung reduziert, wodurch in diesem Bereich das Begrenzerausgangssignal etwa in gleichem Maße wie das Reglerausgangssignal ansteigt. Ab dem Wert **X2** ist die Steigung der Kurve nur noch minimal, d. h. das Begrenzerausgangssignal ändert sich mit steigendem Reglerausgangssignal kaum noch.

[0076] Dabei wird **X1** und die Steigung in diesem ersten Bereich so gewählt, dass die natürlichen Schwankungen durch den nichtkonstanten Leistungfluss im Einphasennetz noch ohne Auswirkung bleiben. **X2** ist so gewählt, dass beim Übergang zum unkompenzierten Betrieb ein stabiles Regelverhalten erzielt wird. Die minimale Wirksamkeit, die durch die geringe Steigung oberhalb von **X2** erreicht wird, wird so gewählt, dass die Lampe bei volliger Netzunterbrechung eine maximale Brenndauer bis zum Verlöschen erreicht.

[0077] In **Fig. 11** ist schließlich ein beispielhafter Verlauf der Netzspannung, der Spannung am Speichercondensator und der Lampenleistung während einer Sekunde dargestellt. Dabei zeigt die obere durchgezogene Kurve die Spannung an dem Speichercondensator  $U_{Elko}$  in Volt, die untere durchgezogene Kurve die Lampenleistung  $P_{lamp}$  in % und die gestrichelte Kurve die Netzspannung  $U_{Netz}$  in Volt.

[0078] Die nominale Netzspannung liegt dabei bei 100 V, was einer Kondensatorspannung von 400 V entspricht. Bei diesen Spannungen wird eine Lampenleistung  $P_{lamp}$  von 100% erreicht.

[0079] In einem zeitlichen Bereich zwischen 0,1 s und 0,4 s sinkt die Netzspannung  $U_{Netz}$  im Rahmen normaler Spannungsschwankungen leicht ab. Auf die Kondensatorspannung  $U_{Elko}$  hat dies trotz des längeren Zeitraums noch keine Auswirkung, und damit auch nicht auf die Lampenleistung  $P_{lamp}$ , die in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Kondensatorspannung  $U_{Elko}$  geregelt wird. Selbst wenn eine geringe Abnahme der Kondensatorspannung  $U_{Elko}$  erfolgen würde, würde die ergänzende Störgrößenregelung einer Reduzierung des Lampenstroms entgegenwirken, um ein Schwanken in der Lampenleistung und damit eine Beeinträchtigung für den Benutzer zu verhindern.

[0080] Es folgt in einem zeitlichen Bereich zwischen 0,5 s und 0,6 s ein Absinken der Netzspannung  $U_{Netz}$  auf ca. 50% der Nennspannung. Das Netzeingangsteil **12** und der Kondensator **63** bzw. **73** sind nicht darauf ausgelegt, während dieser 100 ms die Spannung bei voller Lampenleistung aufrecht zu erhalten. Sobald die Kondensatorspannung  $U_{Elko}$  sinkt, sinkt erfindungsgemäß der Lampenstrom und damit die resultierende Lampenleistung  $P_{lamp}$ . Die Reduktion erfolgt dabei aufgrund der ergänzenden Störgrößenregelung **66**–**69** bzw. **76**–**79** etwas verzögert, da zunächst ein Ausgleich des Abfalls erfolgt, bis der Bereich der natürlichen Spannungsschwankungen am Energiespeicher verlassen ist.

[0081] Das Ausmaß der Absenkung ergibt sich aus der verbleibenden Kondensatorspannung  $U_{Elko}$  und der Transkonduktanzteigenschaft. Dadurch wird sichergestellt, dass die Lampenleistung  $P_{lamp}$  während eines Zeitraums einer Unterspannung aufrechterhalten werden kann, der mit großer Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird. Gleichzeitig wird die Beeinträchtigung des Nutzers der Lampe **65** bzw. **75** auf das Unvermeidliche minimiert.

[0082] Schließlich wird bei 0,8 s die Netzspannung  $U_{Netz}$  für kurze Zeit ganz unterbrochen, und die Kondensatorspannung  $U_{Elko}$  sinkt während dieses Zeitraums auf fast 1/4 der Nennspannung ab. Dementsprechend erfolgt durch die erfindungsgemäß Transkonduktanzteigenschaft nach einer geringfügigen Verzögerung durch die Störgrößenregelung eine starke Absenkung des Lampenstroms und damit der dargestellten Lampenleistung  $P_{lamp}$ . Der Lampenstrom wird dabei soweit abgesenkt, wie es für eine mit großer Wahr-

scheinlichkeit maximal zu erwartende Unterbrechungsdauer möglich ist, um ein Verlöschen der Lampe 65 bzw. 75 zu verhindern.

[0082] Durch die beschriebenen Maßnahmen lässt sich die Größe des Elektrolytkondensators auf etwa 1/3 der typischen Größe reduzieren. 5

[0083] Die beschriebenen Ausführungsformen lassen sich dabei auf vielfältige Weise variieren.

## Patentansprüche

10

1. Elektronische Schaltung zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe (H, 65, 75), wobei die elektronische Schaltung ein Netzeingangsteil (62, 72) zum Aufnehmen und Umformen einer Wechselspannung aus einem Wechselstromnetz (61, 71) umfasst sowie einen Energiespeicher (63, 73) zum Speichern der von dem Netzeingangsteil (62, 72) gelieferten Energie und eine Lampenstromregelungseinheit (64, 74), die von dem Netzeingangsteil (62, 72) über 15 den Energiespeicher (63, 73) mit einer Eingangsspannung ( $U_1$ ) versorgt wird und die einen Lampenstrom ( $I_2$ ) für eine Hochdruckgasentladungslampe (H, 65, 75) zur Verfügung stellt, dadurch gekennzeichnet, dass die Lampenstromregelungseinheit (64, 74) einen Leistungsteil (L, D, C, S, A1, A2, K, SD, IV) mit Transkonduktanz eigenschaft aufweist, die bei sinkender Eingangsspannung ( $U_1$ ) selbsttätig ein Absenken des für eine Hochdruckgasentladungslampe (65, 75, H) zur Verfügung gestellten Lampenstroms ( $I_2$ ) bewirkt. 20

2. Elektronische Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsteil mit Transkonduktanz eigenschaft einen Tiefsetzsteller (L, D, C, S, A1) mit ansteuerbaren Schaltmitteln (S) umfasst, wobei der Tiefsetzsteller im Lückbetrieb mit einer für den gewünschten Betriebszustand der Hochdruckgasentladungslampe (65, 75, H) vorgegebenen und im wesentlichen konstanten Einschaltdauer ( $t_1$ ) der Schaltmittel (S) und mit einer vorgegebenen Periodendauer (T) zwischen einem jeweils erneuten Einschalten der Schaltmittel (S) betrieben wird. 30

3. Elektronische Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsteil (L, D, C, S, A2, K, SD, IV) zur Bereitstellung einer Transkonduktanz eigenschaft die Funktion eines komparator gesteuerten Tiefsetzstellers aufweist, für die der Leistungsteil (L, D, C, S, A2, K, SD, IV) ansteuerbare Schaltmittel (S) umfasst, wobei die Schaltmittel (S) jeweils bei Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwerts ( $I_{ref}$ ) durch einen in einer Verbindung zwischen den Schaltmitteln (S) und der Lampe (H) fließenden Strom nach einer festgelegten Wartezeit ( $\Delta t$ ) ausgeschaltet werden, und wobei die Schaltmittel (S) jeweils bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwerts ( $I_{ref}$ ) durch den in einer Verbindung zwischen den Schaltmitteln (S) und der Lampe (H) fließenden Strom nach einer festgelegten Wartezeit ( $\Delta t$ ) eingeschaltet werden. 45

4. Elektronische Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsteil (L, D, C, S, A2, K) für die Funktion eines komparator gesteuerten Tiefsetzstellers ferner zumindest eine Induktivität (L), eine Diode (D) und einen Kondensator (C) aufweist, wobei die Schaltmittel (S) einer Lampe (H) Strom über die Induktivität (L) zuführen, wobei die Diode (D) die Induktivität (L) auf Seiten der Schaltmittel (S) entgegen ihrer Durchlassrichtung mit Masse verbindet und wobei der Kondensator (C) die Induktivität (L) auf der den Schaltmitteln (S) abgewandten Seite mit Masse verbin- 60

det.

5. Elektronische Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsteil (L, C, S, A2, K, SD, IV) für die Funktion eines reinen Tiefsetzstellers oder eines Zwei-Quadrantenstellers ferner zumindest eine Induktivität (L), weitere ansteuerbare Schaltmittel (S<sub>D</sub>) und einen Kondensator (C) aufweist, wobei die ersten ansteuerbaren Schaltmittel (S) einer Lampe (H) Strom über die Induktivität (L) zuführen, wobei die weiteren ansteuerbaren Schaltmittel (S<sub>D</sub>) die Induktivität (L) auf Seiten der Schaltmittel (S) mit Masse verbinden und entgegengesetzt zu den ersten ansteuerbaren Schaltmitteln (S) angesteuert werden, und wobei der Kondensator (C) die Induktivität (L) auf der den Schaltmitteln (S) abgewandten Seite mit Masse verbindet. 15

6. Elektronische Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Mittel (66, 67, 69) für eine zusätzliche Störgrößenregelung, wobei die Mittel (66, 67, 69) als Eingangssignal die Abweichung der Spannung an dem Energiespeicher (63) von einem vorgegebenen Nennwert erhalten, und wobei die Mittel (66, 67, 69) bei einem detektierten Absinken der Spannung an dem Energiespeicher (63) in begrenztem Umfang einem Absenken des Lampenstroms durch die Transkonduktanz eigenschaften des Leistungsteils (L, D, C, S, SD, A1, A2, K) der Lampenstromregelungseinheit (64) entgegenwirken. 20

7. Elektronische Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Mittel (76, 77, 79) für eine zusätzliche Störgrößenregelung, wobei die Mittel (76, 77, 79) als Eingangssignal die Abweichung des Lampenstroms von einem vorgegebenen Sollwert erhalten, und wobei die Mittel (76, 77, 79) bei einem detektierten Absinken des Lampenstroms in begrenztem Umfang einem Absenken des Lampenstroms durch die Transkonduktanz eigenschaften des Leistungsteils (L, D, C, S, A1, A2, K) der Lampenstromregelungseinheit (74) entgegenwirken. 25

8. Elektronische Schaltung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (66, 67, 69; 76, 77, 79) für die zusätzliche Störgrößenregelung verhindern, dass der von der Lampenstromregelungseinheit (64, 74) zur Verfügung gestellte Lampenstrom unter einem vorgegebenen Minimalwert abgesenkt wird, solange hierzu eine ausreichende Spannung in dem Energiespeicher (63, 73) zur Verfügung steht. 30

9. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (66, 67, 69; 76, 77, 79) für die zusätzliche Störgrößenregelung einen Regler (66, 76) und einen Begrenzer (67, 77) umfassen. 35

10. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die zusätzliche Störgrößenregelung durch ein Programm eines Mikrocontrollers realisiert wird. 40

11. Beleuchtungssystem mit einer elektronischen Schaltung nach einem der voranstehenden Ansprüche und mit einer an die Lampenstromregelungseinheit (64, 74) angeschlossenen Hochdruckgasentladungslampe (65, 75, H). 45

12. Projektor, der zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe (65, 75, H) eine elektronischen Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 aufweist. 50

13. Verfahren zur Energieversorgung einer Hochdruckgasentladungslampe (65, 75, H), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: 55

- a) Aufnehmen und Umformen einer Wechselspannung aus einem Wechselstromnetz (61, 71) durch ein Netzeingangsteil (62, 72);
- b) Speichern der Energie der umgeformten Spannung in einem Energiespeicher (63, 73);
- b) Anlegen einer Eingangsspannung an eine Lampenstromregelungseinheit (64, 74) durch den Energiespeicher (63, 73);
- c) Liefern eines Lampenstroms für eine Hochdruckgasentladungslampe (65, 75, H) durch die Lampenstromregelungseinheit (64, 74); und
- d) Variieren des gelieferten Lampenstroms bei variierender Eingangsspannung an der Lampenstromregelungseinheit (64, 74) mittels einer Transkonduktanzzeigenschaft der Lampenstromregelungseinheit (64, 74).

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Variation des gelieferten Lampenstroms in Schritt d) in begrenztem Rahmen durch eine Störgrößenregelung entgegengewirkt wird.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

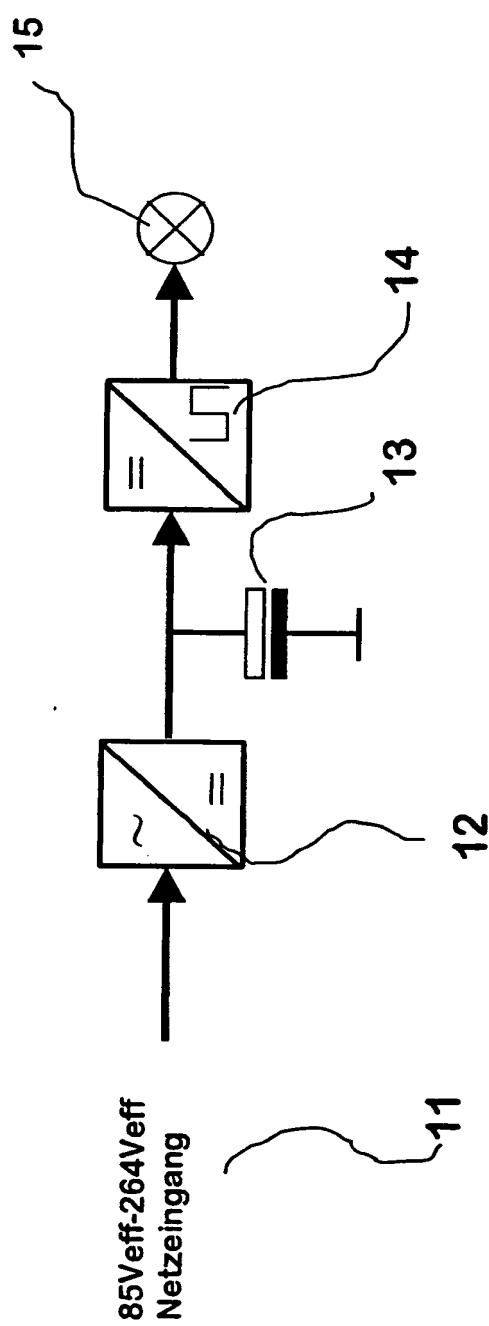


FIG. 1

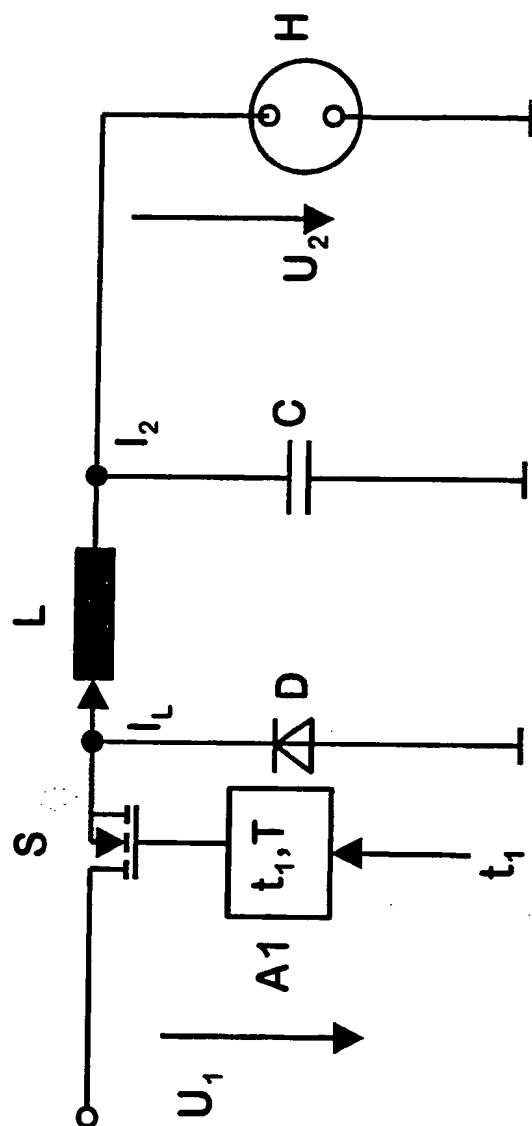


FIG. 2

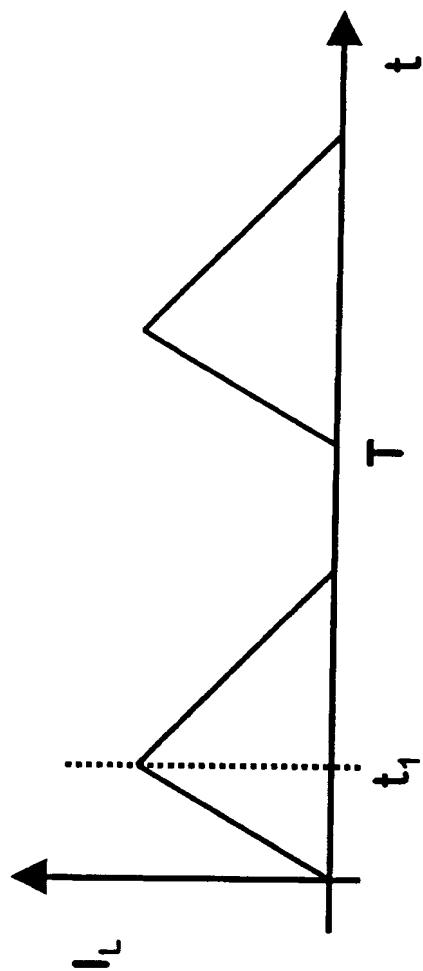


FIG. 3

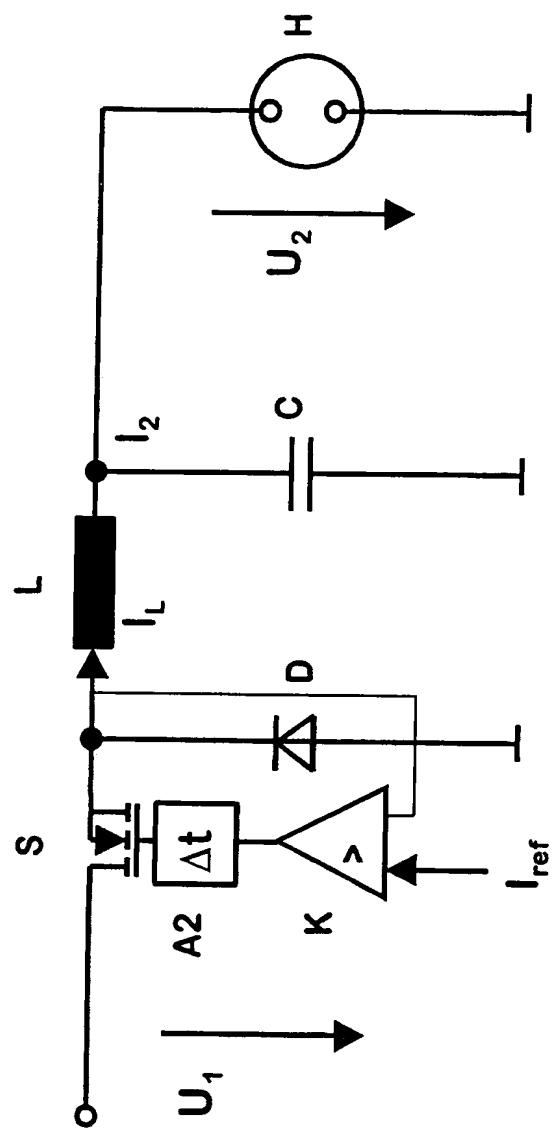


FIG. 4

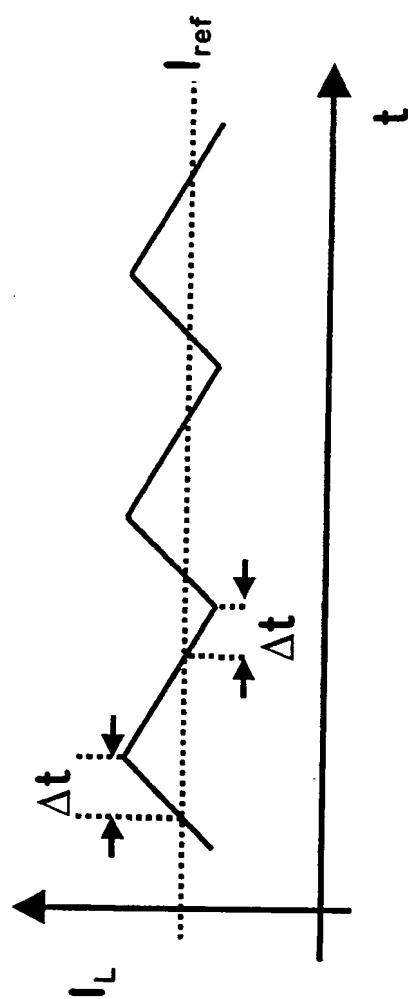


FIG. 5

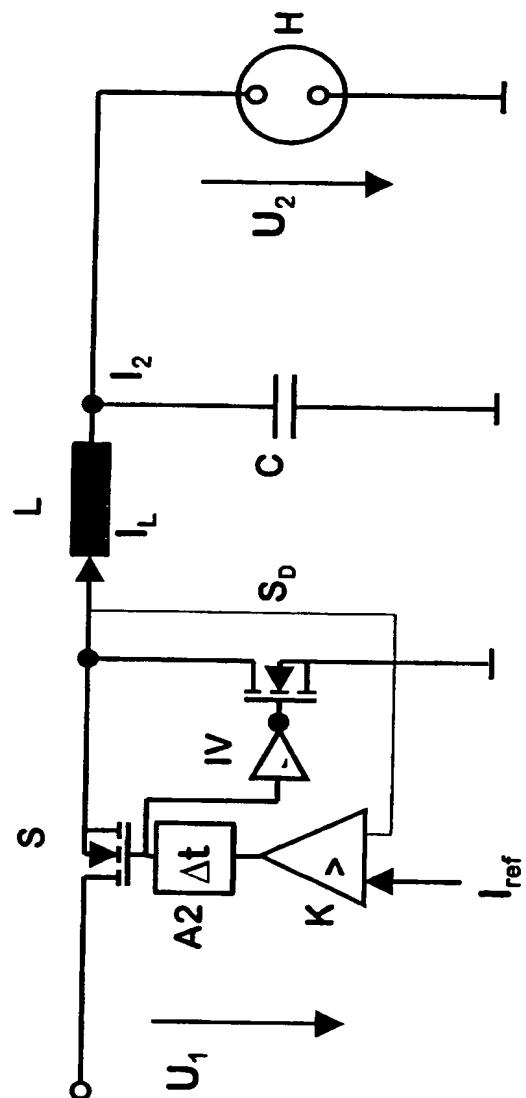


FIG. 6

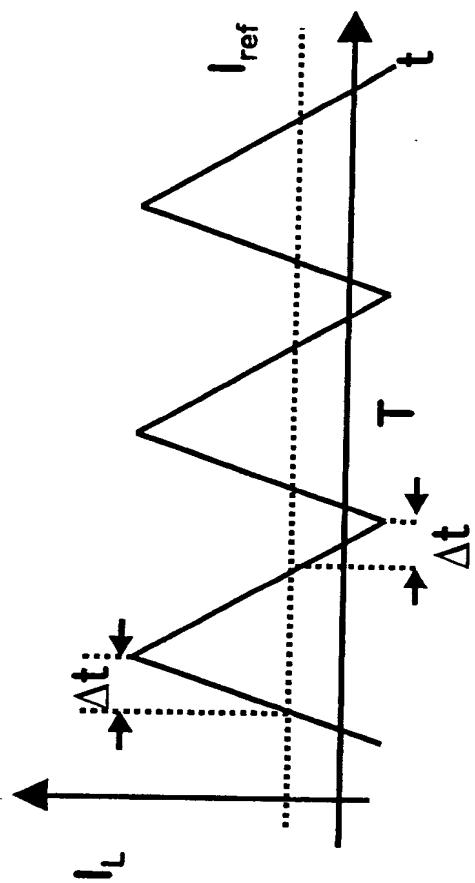


FIG. 7

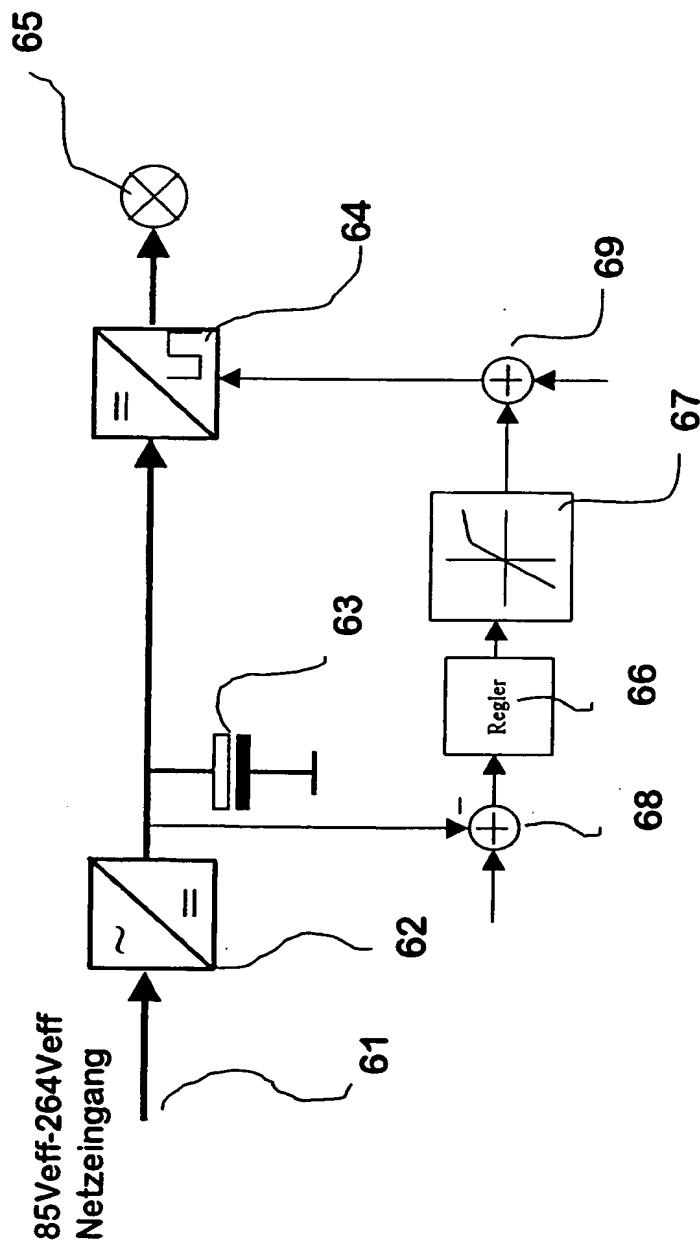


FIG. 8

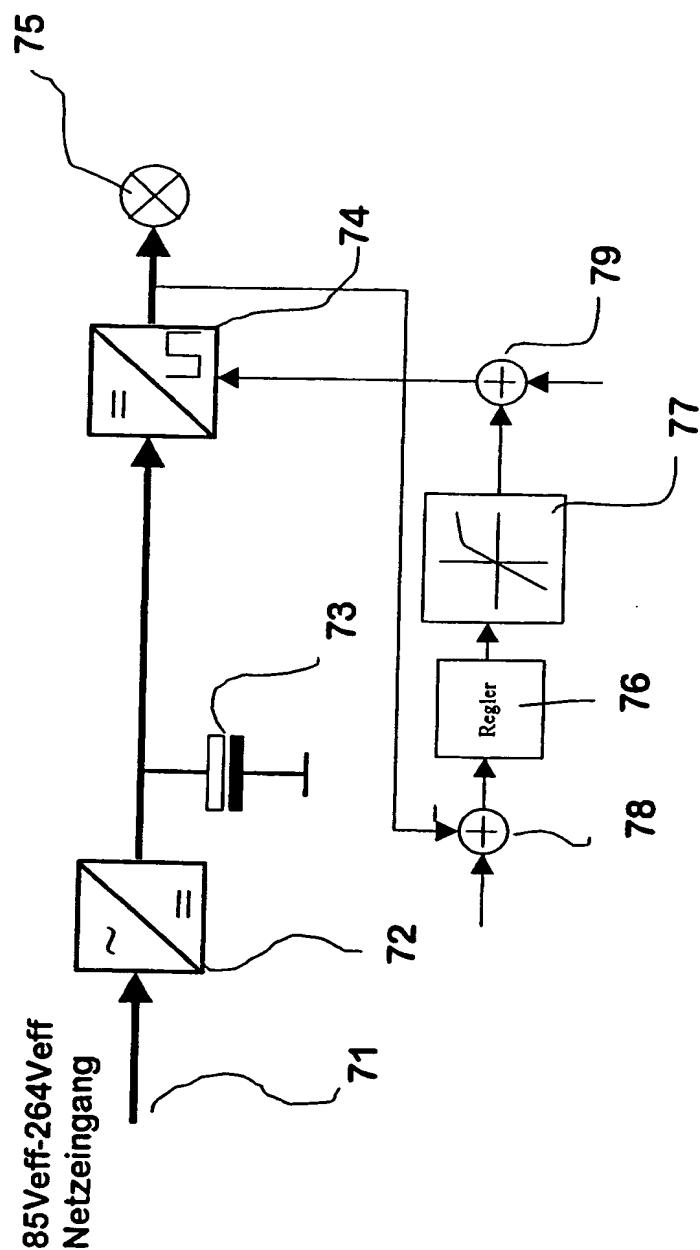


FIG. 9

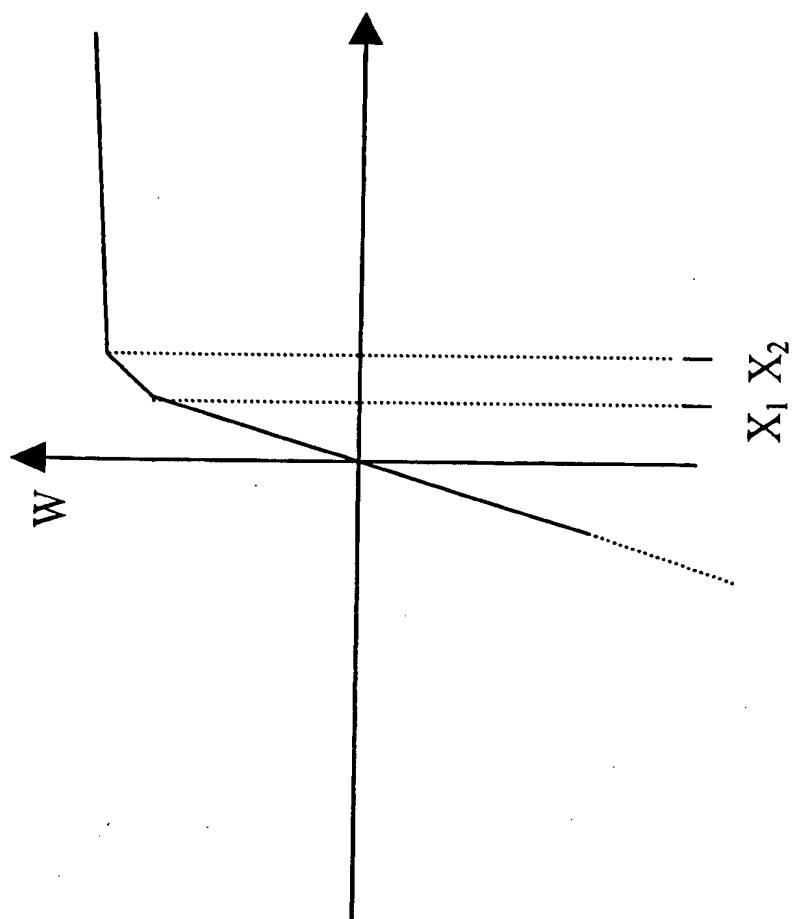


FIG. 10

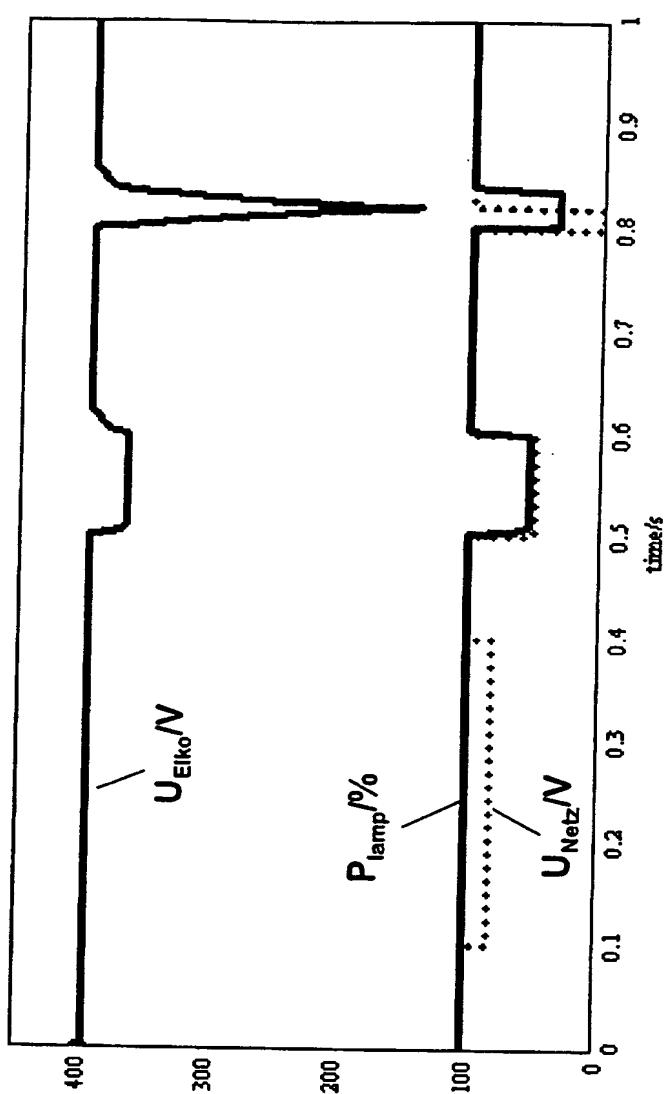


FIG. 11